

群馬県沼田市白沢町の螢石を伴う鉍床中の鉍物について

吉川和男・佐々木 孝

群馬大学教育学部地学教室

大場孝信

上越教育大学自然系地学

(2010年9月24日受理)

Minerals in fluorite-bearing ore deposit, Shirasawa, Numata, Gunma Prefecture, Japan

Kazuo YOSHIKAWA and Takashi SASAKI

Department of Earth Science, Faculty of Education, Gunma University,

Maebashi, Gunma, 371-8510, Japan

Takanobu OBA

Department of Geoscience, Joetsu University of Education,

Joetsu, Niigata, 943-8512, Japan

(Accepted on September 24th, 2010)

Abstract

The minerals in the wastes from the Shirasawa Mine were investigated. The mine is a small abandoned mine in Numata-city, Gunma Prefecture, Japan. It locates nearly at the border between the serpentine m \acute{e} lange and the intrusive rock (Namae-granite).

Twenty three minerals were found and investigated: native sulfur (S), sphalerite (Sp), pyrrhotite (Po), chalcopyrite (Ccp), pyrite (Py), molybdenite (M), scheelite (Sch), magnetite (Mt), cassiterite (Cs), fluorite (Fl), calcite (Cal), quartz (Qz), garnet (G-A) (andradite solid solution), garnet (G-B) (spessartine or calderite solid solution?), hedenbergite (Hd), bustamite (Bst), stilpnomelane (Stp), amphibole (Amp-A) (hastingsite?), amphibol (Amp-B) (ferro hornblende?), chlorite (Chl), goethite (Gth), jarosite (J), and gypsum (Gp). Galena has not been found. In Gunma Prefecture, This is the first findings of hedenbergite, cassiterite and fluorite. In addition, molybdenite, bustamite and stilpnomelane are quite rare minerals in this Prefecture. The unit cell constants of 18 minerals are also reported. The chemical composition of sphalerite by EPMA is $(Zn_{0.72}Fe_{0.25}Mn_{0.02})S$.

The mineral assemblages of the wastes are various: Ore A (Mt with G-A and/or Hd), Ore B (Sp and Po with Ccp, Py, Hd, Bst and/or G-A and a small amount of Sch), gangue A (Fl with Qz, Sp, Po, Py, S, Cs, Sch, G-B, Gth and J), gangue B1 (G-A, Hd with Mt, Sp, Po) and gangue B2 (Hd with Bst, Cal, Qz, Stp, Sp, Po and a small amount of Ccp, Fl and Cs). It is characteristic that cassiterite and scheelite are always

accompanied by fluorite, and fluorite has many inclusions (sphalerite, pyrrhotite, cassiterite, scheelite, other unknown minerals and fluid inclusion), in addition to the absence of galena.

The geology of this area and the mineral assemblages of the wastes show that this ore deposit is basically a contact metasomatic deposit, which might be formed in relation to the intrusion of Namae-granite. The Shirasawa ore deposit is very unique in the mineral assemblages, compared with other ore deposits in the surrounding area : Togami Mine, Moro Mine, Kawaba Mine, Tone Mine, Akagine Mine and Komatsu Mine.

I はじめに

日本国内には、かつて多くの鉱山が稼働され、産業や地域の発展に貢献してきた。群馬県にも、草津白根山周辺の硫黄鉱山や群馬鉄山、渡良瀬川流域のマンガン鉱山や安中松井田地域のベントナイト鉱山などの日本を代表する鉱山があった。また、下仁田町の中小坂鉱山は日本最初の西洋式近代的製鉄所を備えた鉱山として知られている。県内には、これらの他にも数多くの鉱山があり、採掘鉱種も多種にわたったが、いずれも小規模のため1980年代前半の根羽沢鉱山、山菱鉱山の閉山を最後に、金属鉱山はすべて閉山となった。閉山した鉱山の多くでは鉱山関係資料の収集はもとより、その位置の確認すら困難な場合が少なくない。特に小規模鉱山や試掘程度のもものでは学術的記録は皆無に近い。またそれらの鉱山関係資料も極めて少なく、年々それらも逸散しつつある。

地域に点在する小規模鉱山の研究は、その地域における鉱化作用を理解する上で重要であるだけでなく、地域の生活史や産業史においても重要である。しかし、閉山した小規模鉱山についてその沿革や鉱床学的特徴を明らかにすることは一般に極めて困難である。少ない資料を基に鉱山位置を特定し、そこに残されたズリ（鉱山廃石）のみを手がかりに鉱床の全容を推測していかざるを得ない。ズリの研究からの鉱床学的特徴の解明は一般的には大きな限界があるが、小規模鉱山においてはこの方法は極めて有効である。小規模鉱山では坑口の数も少なく、ズリ山も2~3箇所程度であることが多い。ズリを丹念に調べていくことで鉱床内のほぼすべての鉱物種とその産状を掌握しうる可能性が極めて高いからである。

新井（1964）によれば、沼田地域には戸神鉱山、^{もろ}師鉱山、利根鉱山、高平鉱山（白沢鉱山）、赤城根鉱山、小松鉱山があり、これらは半径10km以内に散在している。これらの鉱山のうち、戸神鉱山（地質調査所，1955；日本金山史編集委員会，1994；安野，2006）、利根鉱山（高島，1948）、赤城根鉱山（日本鉱業会，1968；浦野，2004）、小松鉱山（今井・他，1973）について報告があるが、一般に簡単な記述のものが多くある。久保（2003）は『新編白沢村誌』の中で白沢鉱山に言及し、「磁硫鉄鉱、磁鉄鉱、閃亜鉛鉱、微量の輝水鉛鉱、ザクロ石、螢石、方解石、石英」の存在を報告し、さらに『白沢村誌』（1964）に記述されているタングステンは確認できなかったことを報告している。

沼田市内の小規模鉱山のうち、学術研究がほとんどなされていない白沢鉱山についてズリに基づく調査研究を行ったところ、周辺鉱山とは鉱物組合せが異なり、特に、県内初産ないし稀産である、灰鉄輝石、螢石、スズ石、バスタム石、灰重石、輝水鉛鉱が見られるなど、特異な鉱床であることが判明した。本論文では、白沢鉱山産鉱物の記載を中心に、本鉱山の鉱物学的特徴を報告し、合わせて若干の鉱床学的検討結果も述べる。なお、ズリ・鉱物の一部の記載では、学校教育の中で現地を訪れることも想定して記述した。

II 白沢鉱山の概要

(1) 白沢鉱山の概要

白沢鉱山について記述した資料は少なく、『白沢村誌』（1964）、『新編白沢村誌』（2003）、高平公益社会議記録簿、及び新井（1964）による『群馬県の地質と地下資源 20万分の1群馬県地質図説明書』が

あるのみである。新井（1964）には、鉍脈型の銅・鉛・亜鉛鉍山として高平鉍山（利根郡白沢村高平）の記述があるが、昭和17年（1942）以降の高平公益公社会議記録簿に「白沢鉍山」の名称が記載されており、両者は同一の鉍山と判断される。

白沢鉍山はJR上越線沼田駅の東方約12kmに位置する鉍山で、『白澤村誌』（1964）には、銅・鉛・亜鉛・タングステン・モリブデンを含む鉍脈型鉍床と記述され、また『新編白沢村誌』（2003）には鉍石鉍物として磁硫鉄鉍、磁鉄鉍、閃亜鉛鉍、輝水鉛鉍、脈石鉍物として螢石、ザクロ石、方解石、石英が記述されている。両資料間には鉄・鉛・タングステンの記述に差異が見られる。

（2）白沢鉍山の沿革

佐々木（2009）は白沢鉍山関連資料として、『白澤村誌』（1964）、『新編白沢村誌』（2003）、「東京鉍山

監督局鉍区一覧」（昭和9年、14年、16年の各7月1日現在）、高平公益公社会議記録簿、高平公益公社沿革誌、及び上毛新聞（昭和14年）を入手し、白沢鉍山の試掘から開発、閉山に至るまでの沿革や主な産出鉍石等に係わる調査結果を報告した（第1表）。「東京鉍山監督局一覧」には市町村名と鉍種、鉍業権者とその住所のみが記述されているだけで、鉍山名の記述が無い。このため「白沢村に鉄鉍山」という記述が、利根鉍山の可能性もあり、白沢鉍山をさすものであるかは不明である。また、高平公益公社の昭和17年（1942）の会議議事録に初めて「白沢鉍山」の名称が現れ、高平公益公社沿革誌の昭和30年（1955）の記述には鉍山からの土地貸付料による歳入記録があり、それが最後の記述となっている。これらのことから、白沢鉍山の開山と閉山の時期はおよそこの頃と推測される。

第1表 白沢鉍山の沿革

年 号	記載事項・等	出典・等
昭和9年(1934)	白沢村に鉄鉍山	東京鉍山監督局鉍区一覧 (1934)
昭和13年(1938)10月	中ノ沢鉍山開山	高平公益公社沿革誌 (1985) ^{註)}
昭和14年(1939)	中ノ沢鉍山を利根鉍山と称す。磁鉄鉍を採掘	群馬県利根鉍山鉄鉍概査 (高島, 1948)；高平公益公社沿革(1985)
	舞鶴磁鉄鉍鉍山、白沢村大字高平に試掘許可の出願	上毛新聞 (昭和14年5月15日)
昭和15年(1940)	高平公益公社所有山林内で増田金作が試掘(昭和19年まで)	新編白沢村誌 (2003)
昭和17年(1942)	利根鉍山及び白沢鉍山の名称の記述	高平公益公社会議記録簿
	高平公益公社所有山林内で池田 勝が試掘 (1年間)	新編白沢村誌 (2003)
昭和19年(1944)	杉田杉吉「群馬白沢鉄山事務所」を設置、試掘 (昭和24年まで)	新編白沢村誌 (2003)；群馬県利根鉍山鉄鉍概査 (高島, 1948)
昭和23年(1948)9月	利根鉍山閉山 (約24000tの磁鉄鉍を出鉍)	高平公益公社沿革誌 (1985)
昭和25年(1950)	田中章介、高平鉍山事務所を設置、試掘	新編白沢村誌 (2003)
昭和29年(1954)	天山鉍業株式会社、試掘	新編白沢村誌 (2003)
	高平公益公社に、鉍山よりの土地貸付料名目の歳入記録	高平公益公社沿革誌 (1985)
昭和30年(1955)	高平公益公社に、鉍山よりの土地貸付料名目の歳入記録 (以降、鉍山からの歳入記録無)	高平公益公社沿革誌 (1985)

注) 高平公益公社：沼田市白沢町高平1303 (2008年現在の所在地) (設立許可年月日 明治40年(1907)08月26日)

(佐々木(2008)を一部改変)

(3) 白沢鉱山周辺の地質概要

白沢鉱山周辺の地質については、木村(1952)、太田(1953)、新井(1964)、Hayama et al. (1969)、Chihara et al. (1977)、茅原 (1985)、群馬県地質図作成委員会 (1999)、久保 (2003) などの報告がある。白沢鉱山周辺には、上越帯中の谷川岳帯に属する地層が分布し、これに生枝花崗岩が貫入している。生枝花崗岩は斑状から等粒状組織を示し、長石、石英、黒雲母がめだつ岩石であるが、貫入年代の測定はなされていない。

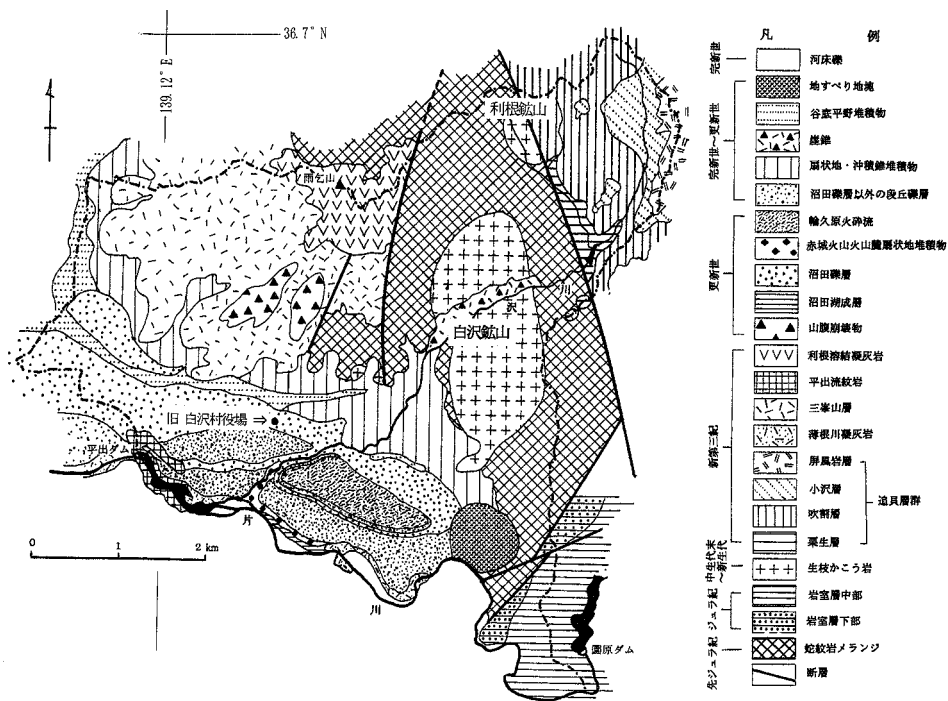
白沢鉱山は谷川岳帯の蛇紋岩メランジと生枝花崗岩との境界部付近に位置する。鉱山入り口付近に生枝花崗岩の露頭が確認される（現在はコンクリートで被覆されている）。また、鉱床付近の白沢川には超塩基性岩（角閃岩類）の転石が見られる。坑口周辺には黒色緻密なホルンフェルスやザクロ石スカルの露頭が見られる。また、その周辺には小さく角礫化した深成岩の転石なども見られる。久保 (2003) による白沢鉱山周辺の地質図を第 1 図に示す。

III 白沢鉱山産鉱物の記載

(1) 白沢鉱山のズリ

ズリ山より、76 個のズリを採取した。これらのズリは、肉眼的には磁鉄鉱または閃亜鉛鉱と磁硫鉄鉱を主とするものと、ザクロ石、灰鉄輝石または螢石を主とするものに大別される。前者のズリが採鉱の対象となったものと考えられる。磁鉄鉱を主とするズリを「鉱石 A」、閃亜鉛鉱と磁硫鉄鉱を主とするズリを「鉱石 B」とし、また、螢石を主とするズリを「脈石 A」、ザクロ石や灰鉄輝石などのスカルン鉱物を主とするズリを「脈石 B」とした。さらに、脈石 B はザクロ石を主とする「脈石 B1」と灰鉄輝石を主とする「脈石 B2」に区分した。

〔鉱石 A〕磁鉄鉱を主とするズリである（第 2 図<2-1>）。黒色緻密塊状または小粒状磁鉄鉱の塊状集合体として産出し、重量感があり、表面に暗褐色から黄褐色皮殻物が見られ、磁石を強く吸引する。灰緑色の灰鉄輝石及び赤褐色ザクロ石 A を細脈状ないし小塊状集合体として少量伴い、さらに、極少量の



第 1 図 白沢鉱山周辺の地質 (久保 (2003) を一部改変)

黄鉄鉍、黄銅鉍、輝水鉛鉍を伴う。ときに、八面体・十二面体の自形から半自形磁鉄鉍が認められる。

〔鉍石 B〕閃亜鉛鉍と磁硫鉄鉍を主とするズリで、表面は暗褐色を呈することが多い（第 2 図〈2-2〉〈2-3〉）。最もよく見られるズリである。閃亜鉛鉍と磁硫鉄鉍の割合は様々であり、磁硫鉄鉍を含むものは磁石を吸引する。少量の黄銅鉍や黄鉄鉍及び灰重石を伴う。灰鉄輝石、バスタム石、石英、方解石のほかに、一見、閃亜鉛鉍に見える黒褐色のスティルプノメレンの葉片状集合体を伴うことがある。さらに、少量の螢石を伴う場合はズズ石が見られることがある。ときに、褐緑色から濃緑色の繊維状ないし針状角閃石集合体（10mm 内外）が見られることもある。このタイプのズリは水洗後の乾燥が不十分な場合、1ヵ月ほどで表面に白色半透明な霜柱様鉍物が形成される。

〔脈石 A〕無色から灰白色螢石を主とするズリで、多くは八面体螢石の塊状集合体である（第 2 図〈2-6〉）。ズリ表面は暗褐色から黒色の皮殻で覆われることが多い。このタイプのズリはたいへんにもろく、暗褐色から黄褐色の二次変質脈が内部まで浸透し、そのような部分には螢石の剝脱または溶脱によると思われる空隙がよく見られる。また、表面が溶蝕されつつあるかの螢石も見られる。ズリ中には螢石のほかに斑点状に黒色の閃亜鉛鉍が散在し、これらの粒間はフィルム状に石英（一部玉髄質）が充填している。一部には六角柱状石英も見られる。この石英脈中や隣接する螢石結晶の表面や内部に黄褐色から暗褐色で錐面の発達した長柱状（最大 10mm）のズズ石が見られる。黒色閃亜鉛鉍の表面には淡黄色粉状の自然硫黄が被覆していることが多い。さらに、淡黄褐色八面体の灰重石や黄鉄鉍を伴うほか、1 mm 以下の二十四面体ないし十二面体のザクロ石 B を伴うこともある。このザクロ石は脈石 B 中のザクロ石 A とは明らかに格子定数を異にし、表面のガラス光沢も失われている。黄鉄鉍はしばしば褐色皮殻を有し、その内部も部分溶脱のため多孔質になっている。

〔脈石 B 1〕赤褐色から暗緑褐色を呈するザクロ石 A を主とするズリである（第 2 図〈2-4〉）。緻密塊状

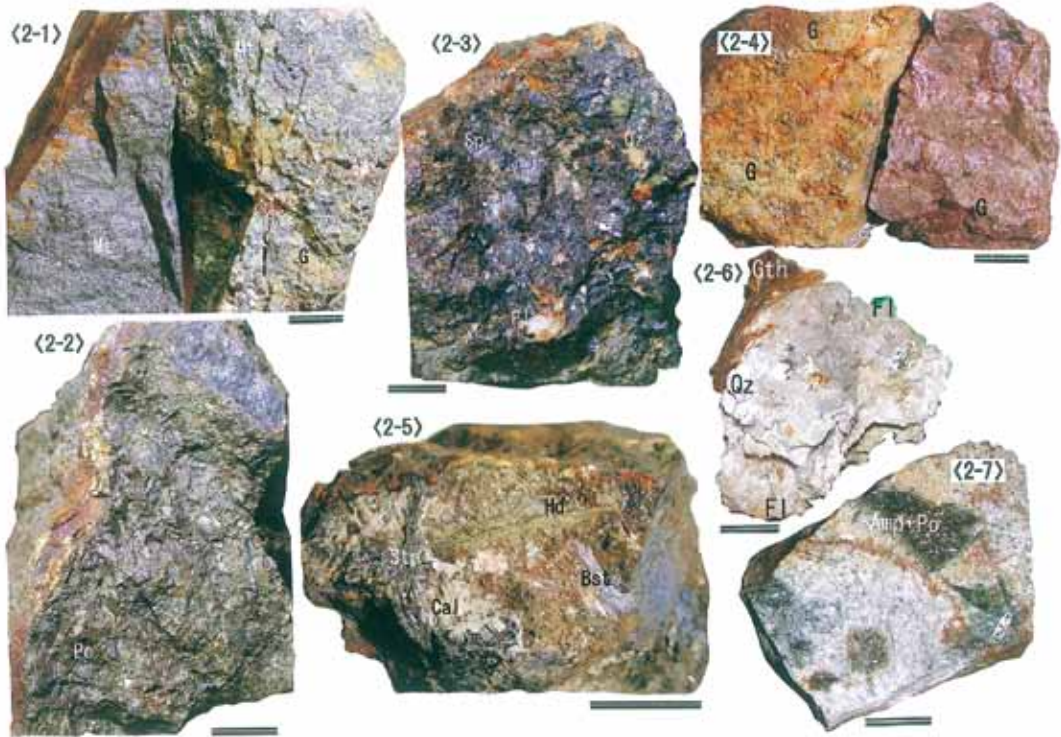
のものと小粒状結晶の塊状集合体をなすものが見られる。ほぼザクロ石からなるものが多いが、少量の磁鉄鉍や細粒の灰鉄輝石を伴うこともある。

〔脈石 B 2〕灰緑色の灰鉄輝石を主とするズリである（第 2 図〈2-5〉）。ズリの表面は暗褐色から黒褐色を呈し、灰白色の方解石を伴うものも多い。比較的軽く感じられるズリである。内部は灰緑色から暗緑色の長柱状結晶からなるが、褐色長柱状結晶からなるものもある。所々に黒色しみ状のものが認められる。無色から淡灰桃色柱状のバスタム石、淡黄緑色から赤褐色粒状ザクロ石 A、無色から白色の石英、灰白色方解石、黒褐色スティルプノメレン、及びときに少量の螢石を伴う。これらの他に磁鉄鉍や黒色の閃亜鉛鉍及び磁硫鉄鉍を伴うものも多い。磁鉄鉍を伴うものでは輝水鉛鉍が見られることもある。また、閃亜鉛鉍や磁硫鉄鉍を伴うものでは少量の黄銅鉍を伴うことが多く、さらに螢石を含む場合にはズズ石が見られることがある。スティルプノメレンは灰鉄輝石やバスタム石の粒間や方解石中に黒色葉片状結晶の集合体として産出する。この鉍物は風化変色した閃亜鉛鉍と見間違えることもある。

(2) 白沢鉍山産鉍物の記載

ズリ中よりこれまでに 20 種類の鉍物と二次生成鉍物と考えられる 3 種類の鉍物が確認された：自然硫黄、(鉄)閃亜鉛鉍、磁硫鉄鉍、黄銅鉍、輝水鉛鉍、黄鉄鉍、磁鉄鉍、ズズ石、灰重石、螢石、方解石、石英、ザクロ石 A、ザクロ石 B、灰鉄輝石、バスタム石、角閃石 A、角閃石 B、スティルプノメレン、緑泥石、針鉄鉍、鉄ミョウバン石、石膏。また、鉍床周辺の深成岩中に濁沸石脈も見出した。これらの鉍物のうち、螢石、灰鉄輝石、ズズ石は県内初産の鉍物である（螢石は本研究中に桐生市梅田鉍山からの産出も確認された）。また、輝水鉛鉍、灰重石、バスタム石、スティルプノメレンは県内稀産鉍物である。以下にこれらの鉍物の特徴を記す。

なお、本研究は、双眼実体顕微鏡、偏光顕微鏡（透過及び反射）、及び粉末 X 線回折法を用いて行われた。閃亜鉛鉍、ズズ石については X 線マイクロアナライザー（EPMA）による化学分析を行った。鉍物同定のための粉末 X 線回折法では



第 2 図 白沢鉱山産のズリ

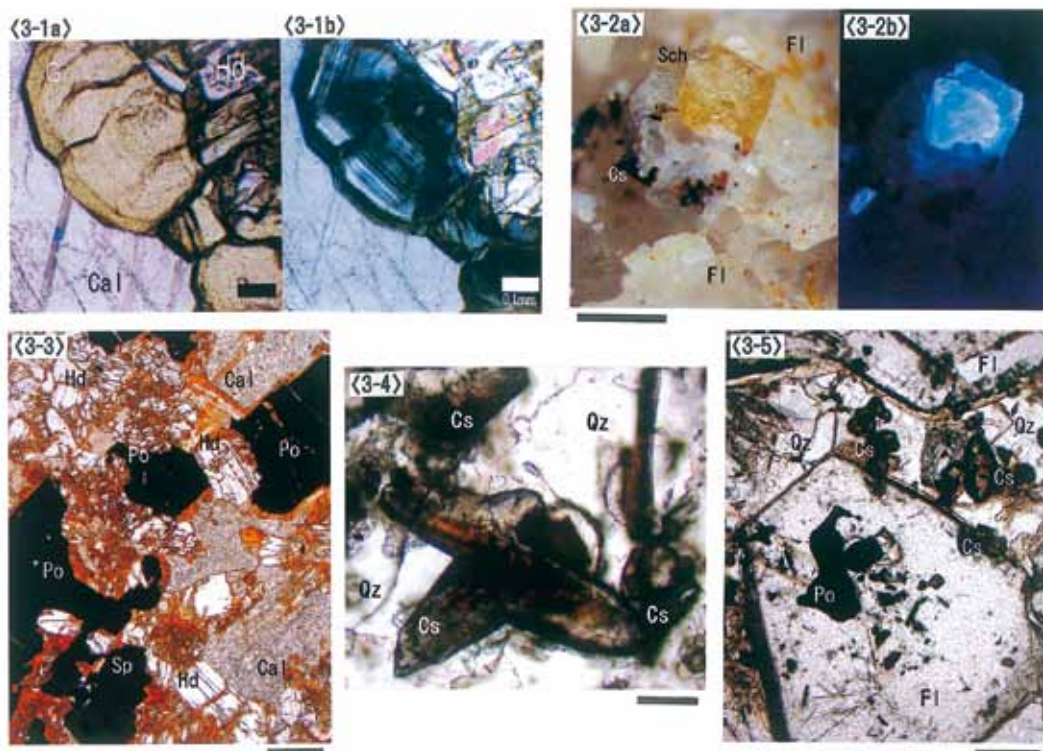
Amp: 角閃石、**Bst**: バスタム石、**Cal**: 方解石、**Fl**: 螢石、**G**: ザクロ石 A、**Gth**: 主に針鉄鉱、**Hd**: 灰鉄輝石、**Mt**: 磁鉄鉱、**Po**: 磁硫鉄鉱、**Qz**: 石英、**Sp**: 閃亜鉛鉱、**Stp**: スティルブノメン
 <2-1> 主に磁鉄鉱からなる「鉱石 A」(左: 緻密塊状、右: 小粒状); <2-2> 主に磁硫鉄鉱からなる「鉱石 B」;
 <2-3> 主に閃亜鉛鉱からなる「鉱石 B」(少量の石英と螢石を含む); <2-4> ザクロ石 A からなる「脈石 B1」(左: 粒状、右: 緻密塊状); <2-5> 主に灰鉄輝石からなる「脈石 B2」(バスタム石が共生し、方解石とスティルブノメンを伴う); <2-6> 主に螢石からなる「脈石 A」(八面体自形の螢石の粒間を白色の石英が埋める); <2-7> 花崗岩質岩片 (脈状・角礫状の角閃石・磁硫鉄鉱集合体が見られる)。スケールは 10mm。

ディフラクトメータ (リガク RAD2VC: モノクロメータで単色化された $\text{CuK}\alpha$ 線)、ガンドルフィカメラ ($r=28.7\text{mm}$: フィルターで単色化された $\text{CuK}\alpha$ または $\text{FeK}\alpha$ 線) を用いた。格子定数測定にはギニエカメラ (Philips XDC-1000) を用い、石英製モノクロメータで単色化された $\text{CuK}\alpha_1$ 線にて粉末 X 線回折パターンを測定した。この際、回折角補正のために内部標準物質として Si または NaCl を用いた。格子定数の計算は三浦 (2003) の格子定数計算プログラム (CellCalc) によった。EPMA による化学分析はエネルギー分散型の Link Isis 300 を用いて行われた。

[自然硫黄 native sulfur] 脈石 A 中に淡黄色か

ら灰黄色粉末状ないしフィルム状鉱物として、主に黒色の閃亜鉛鉱を被覆するように形成されている。このほか、褐鉄鉱化した部分の空隙部に小球状の形状で産することもある。回折線 24 本を用いて求めた格子定数は、 $a=10.4632(9)\text{\AA}$ 、 $b=12.868(3)\text{\AA}$ 、 $c=24.484(4)\text{\AA}$ 、 $V=3296.7(9)\text{\AA}^3$ であった。合成硫黄の格子定数として報告されているもの (JCPDS 8-247) に比し、 a 、 b 、 c とともにわずかに大きな値を示す。なお、自然硫黄を含む部分はポリエステル系やエポキシ系樹脂の硬化が不十分となり、薄片作成が困難であった。

〔(鉄) 閃亜鉛鉱 sphalerite〕 鉱石 B の主要鉱石鉱物であるほか、脈石 A 及び脈石 B2 にもよく見られ



第3図 白沢鉍山産螢石、ザクロ石、スズ石、灰重石、灰鉄輝石の産状

Cal：方解石、Cs：スズ石、Fl：螢石、G：ザクロ石 A、Hd：灰鉄輝石、Po：磁硫鉄鉍、Qz：石英、Sch：灰重石、Sp：閃亜鉛鉍

〈3-1〉 光学異常を示すザクロ石の外縁に灰鉄ザクロ石が形成（偏光顕微鏡、左：単ニコル、右：直交ニコル）；〈3-2a〉 螢石上に形成された灰重石とスズ石、〈3-2b〉 短波長紫外線による灰重石の螢光、スケールは 1mm；〈3-3〉 脈石 B2 中の灰鉄輝石の変質と粒間を埋める微細方解石集合体（単ニコル）、スケールは 0.1mm；〈3-4〉 石英脈中のスズ石（スズ石の中心部が褐色を呈し、また、スズ石内部には多数の針状包有物が見られる）（単ニコル）、スケールは 0.1mm；〈3-5〉 自形螢石中の各種包有物と粒間を埋める石英脈中のスズ石（単ニコル）、スケールは 0.1mm。

る。亜金属光沢で暗褐色から黒褐色を呈する鉄閃亜鉛鉍として産出するが、まれに暗緑褐色樹脂状光沢を示すものもある。薄片では黄橙色、暗赤褐色、暗褐色等を示す。へき開完全で、光をよく反射する。鉍石 B 中では磁硫鉄鉍、黄銅鉍と共生することが多く、灰鉄輝石、ザクロ石 A、バスタム石、スティルプノメレン、石英、方解石を伴う。少量の黄鉄鉍を伴うこともある。結晶内部に微小な黄銅鉍を包有する。脈石 A の閃亜鉛鉍も鉄閃亜鉛鉍であるが、淡灰黄色の粉末状ないしフィルム状自然硫黄で被覆されていることが多い。また、螢石結晶中の包有鉍物としても見られる。

黒褐色閃亜鉛鉍について求めた格子定数は、 $a =$

$5.4255(9) \text{ \AA}$ 、 $V = 159.71(8) \text{ \AA}^3$ であった。また、EPMA により、螢石中に包有された閃亜鉛鉍 3 点の化学分析を行った。3 点ともほぼ同一組成を示し、それらの平均は $(\text{Zn}_{0.72}\text{Fe}_{0.25}\text{Mn}_{0.02})\text{S}$ であった。他に微量の Cu、Ni が検出された。この化学分析結果を基に、Skinner (1961) による計算式を用いて求めた格子定数は、 5.4247 \AA 、 5.4249 \AA 、 5.4254 \AA であり、実測値とよく一致する。

〔磁硫鉄鉍 pyrrhotite〕 鉍石 B の主要鉍石鉍物であるほか脈石 B2 にもよく見られる。金属光沢で帯褐真鍮黄色緻密塊状鉍物として産出し、磁石を吸引する。同心円状の眼紋様構造を示すものも見られる。閃亜鉛鉍、黄銅鉍との共生が多い。灰鉄輝石、バス

タム石、ザクロ石 A、石英、方解石、スティルプノメレンをよく伴う。ときに、褐緑色から濃緑色繊維状ないし針状角閃石の小集合体、螢石、ズズ石及び灰重石を伴うこともある。脈石 A の螢石中の包有鉱物としても産出する (第 3 図<3-5>)。反射顕微鏡下では、一般に淡桃褐色味を帯びた真鍮黄色を示すが、結晶内部が不均一で、やや反射率が低く、微粒子集合体のような様相を呈する部分を含むものも見られる。灰鉄輝石やバスタム石のへき開に沿って磁硫鉄鉱の細脈が見られることもある。これらの他に、深成岩中に脈状または角礫状に角閃石と磁硫鉄鉱からなる集合体が見られる (第 2 図<2-7>)。

鉱石 B ズリ 3 個及び脈石 B2 ズリ 1 個より磁硫鉄鉱を分離選別し、格子定数の測定を行った。鉱石 B からの 3 個のうち、磁鉄鉱及びザクロ石 A と共生する磁硫鉄鉱 1 個の粉末 X 線回折パターンは単斜晶系として JCPDS 29-723 (Morimoto et al. (1975) による 4C タイプ) により指数付けることができ、その格子定数は $a=12.781(8)\text{Å}$ 、 $b=6.872(2)\text{Å}$ 、 $c=11.852(5)\text{Å}$ 、 $\beta=116.89(4)^\circ$ 、 $V=928.5(7)\text{Å}^3$ であった。鉱石 B からの他の 2 個及び脈石 B2 中の磁硫鉄鉱は鉄閃亜鉛鉱の他に灰鉄輝石を伴い、これらは六方晶系として JCPDS 29-724 (Morimoto et al. (1975) による 5C タイプ) により指数付けされた。それらの格子定数はそれぞれ、 $a=6.889(2)\text{Å}$ 、 $c=28.672(5)\text{Å}$ 、 $V=1178.5(6)\text{Å}^3$ 、 $a=6.892(1)\text{Å}$ 、 $c=28.664(3)\text{Å}$ 、 $V=1179.0(3)\text{Å}^3$ 、 $a=6.893(1)\text{Å}$ 、 $c=28.684(3)\text{Å}$ 、 $V=1180.2(4)\text{Å}^3$ であり、これら三者はほぼ類似の値を示す。

〔黄銅鉱 chalcopyrite〕 鉱石 B 中によく見られるが少量である。閃亜鉛鉱や磁硫鉄鉱に伴われ、これらの結晶粒間に存在するほか、鉱石の割れ目に沿って脈状に形成されている。また、閃亜鉛鉱や磁硫鉄鉱内の微小包有結晶としても見られる。鉱石 A 中にも細脈として見られることがある。脈石 A 中では閃亜鉛鉱に伴って少量産出する。灰鉄輝石及び少量の螢石を伴う鉱石 B 中の黄銅鉱について 11 本の回折線を用いて求めた格子定数は、 $a=5.2898(2)\text{Å}$ 、 $c=10.4278(6)\text{Å}$ 、 $V=291.79(3)\text{Å}^3$ であった。JCPDS 37-471 (Kenoyek Mine 産) では $a=5.2893(5)\text{Å}$ 、 $c=$

$10.423(4)\text{Å}$ 、が報告されている (これより $V=291.60\text{Å}^3$ と計算される)。

〔輝水鉛鉱 molybdenite〕 本鉱山のズリ 3 個から輝水鉛鉱が確認された。鉱石 A ズリから 2 個 (緻密塊状磁鉄鉱ズリと磁鉄鉱と灰鉄輝石を主とするズリ) 及び深成岩中に脈状または角礫状に産する角閃石と磁硫鉄鉱集合体 (第 2 図<2-7>) 中に 1 個である。いずれも輝水鉛鉱は 3 mm 以下の六角板状から短柱状結晶として産し、鉛灰色の金属光沢を示すが、黒色を呈する場合もある。その形態、光沢、色、硬度、一方向のへき開の存在とから識別される。磁鉄鉱ズリ中の 1 試料について 11 本の回折線を用いて求めた格子定数は $a=3.1600(2)\text{Å}$ 、 $c=12.299(4)\text{Å}$ 、 $V=106.36(4)\text{Å}^3$ であった。参考までに、JCPDS 37-1492 には合成輝水鉛鉱の値として $a=3.16116(12)\text{Å}$ 、 $c=12.2985(5)\text{Å}$ が報告されている (これより、 $V=106.43\text{Å}^3$ と計算される)。

〔黄鉄鉱 pyrite〕 鉱石 B ズリ中に閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱に伴って少量産出する。脈石 A にも見られるが、溶脱されて多孔質になっていたり、変質して褐色を呈したりしており、また周辺に針鉄鉱や鉄ミョウバン石が見られることが多い。真鍮黄色を示すが、表面に褐色皮殻を有するものも多く、大きさは 2 mm 以下である。脈石 A 中の多孔質黄鉄鉱について 14 本の回折線を用いて求めた格子定数は $a=5.4170(2)\text{Å}$ 、 $V=158.95(1)\text{Å}^3$ であり、合成黄鉄鉱として JCPDS 6-0710 に報告されている $a=5.417\text{Å}$ と同じ値を示す。

〔磁鉄鉱 magnetite〕 本鉱山の主要鉱石鉱物のひとつであり、鉱石 A 中に黒色緻密塊状ないし小粒状鉱物の塊状集合体として、磁鉄鉱単独またはザクロ石 A や灰鉄輝石を伴って産出する (第 2 図<2-1>)。一部に少量の黄銅鉱や黄鉄鉱を伴うが、黄銅鉱はズリ中の亀裂に沿って細脈状に形成されていることが多い。塊状磁鉄鉱中に極少量の輝水鉛鉱を認めることがある。時に濃緑色微細な角閃石 (ヘスティングス閃石?) を伴うこともある。ズリ表面は黒褐色や暗褐色皮殻物で被覆されるが、磁鉄鉱の存在はその重量感、磁石吸引力、硬度から容易に推測できる。磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱を主とする鉱石 B 中にも少量見

られる。小粒状磁鉄鉍からなるズリでは八面体ないし十二面体結晶が認められる。緻密塊状磁鉄鉍について8本の回折線を用いて求めた格子定数は $a=8.3974(5)\text{\AA}$ 、 $V=592.2(1)\text{\AA}^3$ であった。合成磁鉄鉍の格子定数として $a=8.396\text{\AA}$ が報告されている(JCPDS 19-629)。

〔スズ石 cassiterite〕群馬県内初産の鉍物である。鉍石B、脈石A、脈石B2中に常に螢石を伴って産出する。脈石A中に最もよく見られる(第3図<3-2><3-4><3-5>)。ほぼ無色～黄褐色～暗褐色両錐の長柱状結晶として産出し、5mmを超えるものもあるが、通常は1～2mmで、それ以下の微細なものも多い。大きさに係らず自形性が強く、双晶も見られる。粗粒結晶では色むらがあり、一般に中心部が濃色である(第3図<3-4>)。柱面に平行な条線が見られる。螢石内部や螢石の粒間の石英細脈中に多いが(第3図<3-5>)、それらと共存する灰重石中に包有されていることもある。偏光顕微鏡下では高屈折率、高干渉色を示し、直消光する。結晶内部には針状の包有物が多く見られるが(第3図<3-4>)、このほかに気液流体包有物もまれに見られる。スズ石を伴う脈石B2は少量の閃亜鉛鉍、黄銅鉍、磁硫鉄鉍、螢石を含む。

脈石A及び脈石B2から5試料のスズ石を分離し、格子定数を測定した。単一のスズ石でも結晶内に色むらが認められることも多く、複数のズリから分離したスズ石をまとめて細粉し、濃褐色部、褐色～黄褐色部、淡黄褐色～無色部に分別し、測定を行った。各16本の回折線を用いて計算した。濃褐色部を主とする試料では、 $a=4.7375(2)\text{\AA}$ 、 $c=3.1851(3)\text{\AA}$ 、 $V=71.484(10)\text{\AA}^3$ であった。褐色～黄褐色部のもものでは、 $a=4.7377(1)\text{\AA}$ 、 $c=3.1856(2)\text{\AA}$ 、 $V=71.504(5)\text{\AA}^3$ 、淡黄褐色部のもものでは、 $a=4.7371(2)\text{\AA}$ 、 $c=3.1854(3)\text{\AA}$ 、 $V=71.481(9)\text{\AA}^3$ 、また、ほぼ無色のもものでは、 $a=4.7368(1)\text{\AA}$ 、 $c=3.1855(1)\text{\AA}$ 、 $V=71.472(5)\text{\AA}^3$ 、及び $a=4.7369(2)\text{\AA}$ 、 $c=3.1854(3)\text{\AA}$ 、 $V=71.475(9)\text{\AA}^3$ であった。結晶が微細なため、色による選別が不十分であった可能性もあるが、濃色スズ石の格子定数は淡色のものよりも大きい傾向が見られる。しかし、いずれの値も合成

スズ石の格子定数(JCPDS 41-1445) $a=4.7382(4)\text{\AA}$ 、 $c=3.1871(1)\text{\AA}$ ($V=71.552\text{\AA}^3$) よりも小さい。共生鉍物を考慮すると、 W^{4+} あるいは Mo^{4+} による Sn^{4+} の置換が推察される。

EPMAを用いて3試料6点の化学分析を行った。包有物の影響等もあり必ずしも精度は十分ではないが、分析値合計は96.98～99.90wt%、 SnO_2 含有量として95.28～97.90wt%を得た。他に、0.58～0.81wt% SiO_2 、0.01～1.34FeO、0.00～0.12MnO、0.00～0.60CaO、0.00～0.12MgO、0.04～0.13 Al_2O_3 、0.00～0.19 Cr_2O_3 、0.00～0.27NiOであった。Wの分析は行っていない。また、細柱状包有鉍物を含む部分のスズ石の分析結果は、61.43wt% SnO_2 、6.40 SiO_2 、0.68 Al_2O_3 、0.03 TiO_2 、7.41FeO、0.06NiO、1.16MnO、0.09CuO、2.83CaO、0.01 K_2O 等で合計は80.39wt%であった。これによる針状包有鉍物の種類の決定は難しいが、バスタム石の可能性も推測される。

〔灰重石 scheelite〕螢石を主とする脈石A中に八面体自形結晶として少量散在する(第3図<3-2>)。また、磁硫鉄鉍を主とする鉍石B中にも見られることがある。淡黄色～淡黄橙色、金剛～樹脂状光沢で最大1.5mmのものが確認される。短波長紫外線(2540 \AA)で青白色の螢光が認められる。灰重石はときにスズ石を包有する。第3図<3-2>の灰重石中にも微細な黒色斑点状包有物が認められる。回折線34本を用いて求めた格子定数は、 $a=5.2414(2)\text{\AA}$ 、 $c=11.3692(6)\text{\AA}$ 、 $V=312.34(3)\text{\AA}^3$ であった。合成灰重石の格子定数として、 $a=5.24294(6)\text{\AA}$ 、 $c=11.373(7)\text{\AA}$ が報告されており(JCPDS 41-1431)、これより $V=312.6\text{\AA}^3$ と計算される。本産地の灰重石は合成のものに比して、やや小さな格子定数を示す。

本産地の灰重石は群馬県内では萩平鉍山(林・五十嵐, 1962)、赤城根鉍山(日本鉍業会, 1968; 浦野, 2004)に次ぎ、3番目の報告である。

〔螢石 fluorite〕脈石Aの主要構成鉍物として、また、脈石B及び鉍石Bの副成分鉍物として産出する(第2図<2-6>)。正八面体の無色透明結晶がほとんどであるが、淡緑色を呈するものも見られる。大きさは最大10mm程度であり、八面体の各面に平行するへき開が発達する。長波長紫外線(3650 \AA)

で淡紫色の蛍光を発する。

脈石 A では蛍石の粒間に石英、スズ石、灰重石、鉄閃亜鉛鉱、自然硫黄、黄鉄鉱が見られ（第 3 図<3-5>）、まれに 1 mm 以下のザクロ石 B を伴う。暗褐色から黄褐色を呈する二次変質部には蛍石が溶脱されたと思われる空隙が見られる。脈石 B 中では、灰鉄輝石、バスタム石、ザクロ石 A、方解石、石英、鉄閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱及びまれにスズ石が共生する。鉱石 B 中では、鉄閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、方解石、石英、スティルプノメレン及びまれにスズ石が共生する。

本産地の蛍石内部には種々の包有物が認められる：スズ石、灰重石、磁硫鉄鉱、鉄閃亜鉛鉱、気液流体包有物、及び暗灰褐色薄板状鉱物。回折線 6 本を用いて求めた格子定数は、 $a=5.4627(2)\text{\AA}$ 、 $V=163.01(2)\text{\AA}^3$ であり、合成蛍石の格子定数 (JCPDS 4-864) $a=5.4626\text{\AA}$ と同じ値を示す。

本鉱物の群馬県内からの産出報告はなく、初産鉱物であるが、最近、梅田鉱山にてもその産出を確認した。

〔方解石 calcite〕 鉱石 B、脈石 B 中に認められるが、量的には多くない。一般に白色を呈し、ザクロ石 A、灰鉄輝石及びバスタム石の粒間に見られるが、スティルプノメレンとも密接な共生関係を示す（第 2 図<2-5>、第 3 図<3-1> <3-3>）。褐色を呈する灰鉄輝石周辺の方解石は微細な繊維状鉱物を包有する。回折線 12 本を用いて求めた格子定数は、 $a=4.9877(3)\text{\AA}$ 、 $c=17.056(4)\text{\AA}$ 、 $V=367.5(1)\text{\AA}^3$ であった。Effenberger et al. (1981) による報告値 ($a=4.9896\text{\AA}$ 、 $c=17.061\text{\AA}$) に比してやや小さな値を示す。

〔石英 quartz〕 本鉱山のズリからの産出は比較的少量である。産状には大きく二種類ある。ひとつは、蛍石を主とする脈石 A 中に見られるもので、蛍石の粒間を充填する玉髄質石英（無色～白色）としての産出（まれに六角柱状結晶も見られる）である（第 2 図<2-6>、第 3 図<3-4> <3-5>）。部分的にスズ石を伴い、鉄閃亜鉛鉱、灰重石、自然硫黄及びザクロ石 B と共存する。もうひとつは、鉱石 B 及び脈石 B 中に見られるもので、灰鉄輝石やバスタム石の粒間を

方解石とともに埋める。この場合、方解石との間に反応関係は認められない。まれに 10mm 程度の六角柱状結晶が見られる。磁鉄鉱を主とする鉱石 A 中では確認できていない。脈石 A 中の玉髄質石英について 23 本の回折線を用いて求めた格子定数は、 $a=4.9134(2)\text{\AA}$ 、 $c=5.4050(3)\text{\AA}$ 、 $V=113.00(1)\text{\AA}^3$ であった。JCPDS 33-1161 の値 ($a=4.9133(2)\text{\AA}$ 、 $c=5.4053(4)\text{\AA}$) と同一の値を示す。

〔ザクロ石 garnet〕 最も代表的な脈石鉱物である。産状及び格子定数から大きく二種類に区分される。灰鉄ザクロ石—灰バンザクロ石系ザクロ石（ザクロ石 A）とこれとは産状及び格子定数を異にするザクロ石 B とである。

ザクロ石 A は赤褐色、黄褐色時に黄緑色を呈し、緻密塊状ないし粒状で産出するザクロ石で、本鉱床に産するザクロ石のほとんどはこれである（第 2 図<2-4>）。空隙部には二十四面体あるいは十二面体結晶が見られる。粒状結晶の集合体の場合、結晶間に二次的なうすいフィルム状鉱物の形成がよく見られる。坑口の上方部にはほぼこのザクロ石からなる露頭が認められる。ズリにはザクロ石のみからなるものも多いが、灰鉄輝石を伴うものもよく見られる（脈石 B1）（第 3 図<3-1>）。鉱石 A 中では単独または灰鉄輝石を伴って産出する。脈石 B2 中にも少量見られ、灰鉄輝石、バスタム石、蛍石、方解石、石英、スティルプノメレンと共存する。硫化鉱物を主とする鉱石 B 中には少なく、磁硫鉄鉱、鉄閃亜鉛鉱との共生はまれである。多くは累帯構造を有し、光学異常を示すが、脈石 B1 中のザクロ石には光学的等方性を示すものがある。また、累帯構造を有し、光学異常を示すザクロ石の外縁部を緑黄色ザクロ石が皮殻する場合もあり、両者の境界は明瞭である（第 3 図<3-1>）。また、この外縁部のザクロ石は光学的に等方であり、かつ内部のものより屈折率も高い。鉱石 A、脈石 B1、及び脈石 B2 中のザクロ石 A について色による分離選別を試み、格子定数を測定した。色の異なる 6 試料について 15～18 本の回折線を用いて求めた格子定数は、 $a=12.0020(4)\text{\AA}$ 、 $12.0060(5)\text{\AA}$ 、 $12.007(1)\text{\AA}$ 、 $12.0313(5)\text{\AA}$ 、 $12.042(1)\text{\AA}$ 、 $12.0433(4)\text{\AA}$ であった。色との特定の相関は認めら

れなかった。また、一部に幅広い回折線が見られる試料もあり、累帯構造のためと考えられる。X線フィルム全体のバックグラウンドが高く、このことと格子定数から、測定試料はいずれも灰鉄ザクロ石と推察される。

ザクロ石 B は脈石 A の一部に淡灰褐色十二面体ないし二十四面体の 1 mm 以下の結晶として少量産出するが、結晶表面にガラス光沢が見られず、脂肪光沢を呈する。結晶中心部と外周部とで色が異なるものも見られ、この場合、中心部は淡黄褐色を呈する。回折線 13 本を用いて求めた格子定数は $a=11.7803(8)\text{Å}$ 、 $V=1634.8(3)\text{Å}^3$ であり、明らかにザクロ石 A と異なる。X線フィルムのバックグラウンドも非常に高く、満バンザクロ石固溶体ないしカルデライト用ザクロ石の可能性も考えられ、詳細は検討中である。

〔灰鉄輝石 hedenbergite〕脈石 B2 の主成分鉍物として産出するほか、磁鉄鉍を主とする鉍石 A 中にザクロ石とともに少量見られる。硫化鉍物を主とする鉍石 B 中にはあまり多くない。脈石 B2 中では、ザクロ石 A、バスタム石を伴い、螢石、石英、方解石、スティルプノメレン、角閃石、磁硫鉄鉍、鉄閃亜鉛鉍とも共生し、まれに、微量のスズ石を伴う。鉍石 A 中では輝水鉛鉍と共存することがある。灰緑色～暗緑色柱状結晶ないしその束状集合体として産出し、最大 30mm に達する (第 2 図<2-5>)。ズリ表面に露出している部分は暗褐色を呈するが、内部まで暗褐色に変色したズリも見られる。偏光顕微鏡下では淡緑褐色～淡緑色の多色性を示すが、変質して暗褐色を呈するものもある (第 3 図<3-3>)。このようなものの中には方解石と褐色のスティルプノメレン様鉍物とに分解変質したかのように見えるものもある。また、柱面に直交する方向に細かいひび割れがしばしば認められる。結晶の表面やへき開に沿って低結晶質赤褐色鉍物の存在が認められることが多く、さらに、このような部分に帯青緑色の針状角閃石の集合体が形成されていることがある。

鉍石 A、脈石 B1 から各 1 試料、脈石 B2 から 2 試料、合計 4 試料について 13～33 本の回折線を用いて格子定数の測定を行った。その結果は、(No.1276)

$a=9.861(3)\text{Å}$ 、 $b=9.023(2)\text{Å}$ 、 $c=5.250(1)\text{Å}$ 、 $\beta=104.80(3)^\circ$ 、 $V=451.6(2)\text{Å}^3$; (No.1233) $a=9.847(2)\text{Å}$ 、 $b=9.025(2)\text{Å}$ 、 $c=5.2516(8)\text{Å}$ 、 $\beta=104.88(2)^\circ$ 、 $V=451.07(15)\text{Å}^3$; (No.1292) $a=9.865(2)\text{Å}$ 、 $b=9.053(1)\text{Å}$ 、 $c=5.2582(9)\text{Å}$ 、 $\beta=104.91(2)^\circ$ 、 $V=453.8(1)\text{Å}^3$; (No.1245) $a=9.869(2)\text{Å}$ 、 $b=9.052(2)\text{Å}$ 、 $c=5.258(1)\text{Å}$ 、 $\beta=104.93(2)^\circ$ 、 $V=453.9(2)\text{Å}^3$ であった。これらの V 値を比較すると、 451Å^3 と 454Å^3 の二種類に区分される。前者は通常 (暗) 緑色を呈し、後者は灰緑色を呈する灰鉄輝石である。JCPDS 24-402 に $\text{Ca}(\text{Fe}_{0.85}\text{Mg}_{0.15})\text{Si}_2\text{O}_6$ 組成のもの格子定数が報告されており、それより計算される V は約 450.9Å^3 となる。また、同じく JCPDS 41-1372 には Mn に富む灰鉄輝石 (Fe : Mn : Mg = 0.54 : 0.46 : 0.11) の格子定数が報告され、それより計算される V は約 453Å^3 である。格子定数及び鉍物共生関係から判断すると、本鉍床には組成を異にする二種類の灰鉄輝石が混在し、そのひとつは Mn に富むものである可能性がある。また、本鉍物は群馬県内からの産出報告がなく、県内初産である。本鉍物については、化学分析を含め、今後さらに検討する必要である。

〔バスタム石 bustamite〕脈石 B に見られ、灰鉄輝石と密接な共生関係を持って産出する (第 2 図<2-5>)。ザクロ石 A、螢石、方解石、スティルプノメレン、石英との共生が見られる。鉄閃亜鉛鉍、磁硫鉄鉍、黄銅鉍、スズ石を含む鉍石 B 中にも見られる。無色から淡灰桃色長柱状結晶として産出し、最大 20mm に達する。束状または放射状集合体をなし、結晶表面や粒間に黒色皮殻物が見られることがある。褐色を呈する灰鉄輝石と識別が難しいこともあるが、より淡色で透明感があることで識別される。偏光顕微鏡下では、多色性は認めがたく、また、灰鉄輝石よりも干渉色が低い。柱面に平行するへき開も灰鉄輝石ほどには発達していない。灰鉄輝石と同様に柱面に直交する方向にひび割れが見られ、低結晶質赤褐色鉍物で充填されている。結晶粒間や灰鉄輝石との境界部に方解石、石英、スティルプノメレンが形成されている。

バスタム石 3 試料を分離し、25～29 本の回折線を

用いて格子定数の測定を行った。回折線の指数付けは JCPDS 27-86、26-1066 及び Borg and Smith (1969) を参考に行った。3試料それぞれについて次の値を得た：(No.1238) $a=15.305(4)\text{Å}$ 、 $b=7.098(2)\text{Å}$ 、 $c=13.810(2)\text{Å}$ 、 $\alpha=90.33(2)^\circ$ 、 $\beta=95.31(3)^\circ$ 、 $\gamma=103.00(3)^\circ$ 、 $V=1454.9(6)\text{Å}^3$ ；(No.1243) $a=15.307(5)\text{Å}$ 、 $b=7.110(2)\text{Å}$ 、 $c=13.757(3)\text{Å}$ 、 $\alpha=89.73(5)^\circ$ 、 $\beta=95.07(4)^\circ$ 、 $\gamma=103.03(3)^\circ$ 、 $V=1452.7(8)\text{Å}^3$ ；(No.1538) $a=15.403(8)\text{Å}$ 、 $b=7.112(4)\text{Å}$ 、 $c=13.762(6)\text{Å}$ 、 $\alpha=90.23(6)^\circ$ 、 $\beta=94.69(6)^\circ$ 、 $\gamma=102.89(6)^\circ$ 、 $V=1462.2(1.2)\text{Å}^3$ 。なお、No.1243 の資料については JCPDS 33-292 による指数付けも可能であった。それによる格子定数は、 $a=9.817(8)\text{Å}$ 、 $b=10.742(7)\text{Å}$ 、 $c=7.120(6)\text{Å}$ 、 $\alpha=99.64(7)^\circ$ 、 $\beta=99.82(5)^\circ$ 、 $\gamma=84.00(7)^\circ$ 、 $V=727.1(1.0)\text{Å}^3$ である。これらの値は全般に合成バスタム石の値 (Peacor and Buerger, 1962) よりも小さな値を持つ。

バスタム石は一般に稀産鉱物で、本鉱床のものは県内では萩平鉱山につき二例目である。

〔スティルプノメレン stilpnomelane〕脈石 B 中に多く見られる。暗褐色～黒褐色羽毛状集合体として、灰鉄輝石、バスタム石、方解石、石英などの粒間に形成されている。特に黒褐色葉片状結晶として灰白色方解石中に見られる鉱物はこれである (第2図<2-5>)。スカルン鉱物等のほかに、鉄閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、ときにスズ石を伴うこともある。粉末 X 線回折パターンにおいて回折線の指数付けはできていないが、そのパターンは JCPDS 25-174 (スティルプノメレン)、21-57 (バニスター石：bannisterite) に類似している。なお、本報告では化学分析を行っていないため、“スティルプノメレン”をスティルプノメレン系鉱物の総称として用いた。

偏光顕微鏡下では暗褐色～黒褐色の強い多色性を示し、干渉色もやや高く、一般に波動消光する。灰鉄輝石やバスタム石の結晶粒間を充填し、また、方解石の粒間に薄板状結晶の扇状ないし羽毛状集合体としてよく見られる。変質分解した褐色灰鉄輝石に見られる褐色繊維状 (ないし葉片状?) 鉱物もこのスティルプノメレンと類似する。

スティルプノメレンは県内では三波川帯石英片岩からの産出報告 (松原, 1998) があるが、スカルン中の産出は本鉱床のものが最初である。

〔角閃石 amphibole〕少量ながら角閃石を含むズリが見られる。その産状に二種類あり、灰鉄輝石、ザクロ石 A (光学異常ザクロ石) からなるスカルン中に産出するもの (角閃石 A) と、母岩の深成岩中に脈状または角礫状集合体として見られる角閃石 (角閃石 B) である (第2図<2-7>)。

角閃石 A は暗緑色長柱状から繊維状結晶 (最大 2 mm) 集合体として見られ、スカルン鉱物の粒間の空隙を埋めるように形成されていることが多い。偏光顕微鏡下では、暗緑色から暗緑褐色の多色性が明瞭である。このスカルン中には磁鉄鉱も認められる。回折線 15 本を用いて測定した格子定数は、 $a=9.958(4)\text{Å}$ 、 $b=18.252(7)\text{Å}$ 、 $c=5.348(2)\text{Å}$ 、 $\beta=105.09(4)^\circ$ 、 $V=938.5(6)\text{Å}^3$ であった。本鉱山の北西約 8 km に位置する川場ザクロ石鉱床にヘスティングス閃石及び鉄普通角閃石が産出し、ヘスティングス閃石の単位格子体積 (V) として $935.9\sim 937.4\text{Å}^3$ が報告されている (吉川・他, 2002)。産状・V 値から判断すると本鉱山の角閃石 A もヘスティングス閃石の可能性はある。

角閃石 B は緑色柱状結晶の集合体として、磁硫鉄鉱のほか少量の黄銅鉱、黄鉄鉱、緑泥石を伴って産出する。ときにこの集合体中に輝水鉛鉱が見られることがある。偏光顕微鏡下では灰青緑色～淡黄緑色の多色性を示す。回折線 44 本を用いて測定した格子定数は、 $a=9.874(1)\text{Å}$ 、 $b=18.134(1)\text{Å}$ 、 $c=5.3012(4)\text{Å}$ 、 $\beta=104.74(1)^\circ$ 、 $V=917.9(1)\text{Å}^3$ であった。前述の川場ザクロ石鉱床中の鉄普通角閃石は $V=920.6\sim 922.5\text{Å}^3$ 、また、川場村木賊の蛇紋岩メランジ採石場の透閃石～苦土普通角閃石は $V=905.7\sim 919.1\text{Å}^3$ を示し (小林・吉川, 2005)、片品村戸倉の変玄武岩質岩石中の鉄普通角閃石は $V=919.1\text{Å}^3$ を示す (吉川・他, 2004)。これら既報告角閃石の格子定数・化学組成をもとに推測すると、この角閃石 B は鉄普通角閃石の可能性が高い。

〔その他〕本鉱山のズリはほとんどが暗褐色皮殻物で覆われ、明らかに採掘後の表面変質であるが、採

掘以前にも熱水期最後の作用ないし地下水の影響により、針鉄鉍、鉄ミョウバン石等の二次的鉍物が形成されていたことがわかる。ズリ表面及び内部の暗褐色部には、場所により、黒褐色緻密塊状部、暗褐色～赤褐色部(土壌光沢)、黄褐色～褐黄色部(土壌光沢)などが見られ、粉末 X 線回折法による検討では、針鉄鉍及び鉄ミョウバン石が確認された。石膏はズリの割れ目に形成され、白色～無色、柱状～薄板状自形結晶として認められるが、その産状より、明らかに後生の鉍物と判断される。粉末 X 線回折法により石膏であることを確認した。

これらのほか、母岩の深成岩中の脈状ないし角閃状をなす角閃石 B・磁硫鉄鉍集合部には灰緑色薄板状の緑泥石が認められる。

IV 白沢鉍山の鉍物・鉍床学的特徴

(1) 白沢鉍山の鉍物学的特徴

白沢鉍山のズリ中より確認された鉍物は次の 23 種類である：自然硫黄、鉄閃亜鉛鉍、磁硫鉄鉍、黄銅鉍、輝水鉛鉍、黄鉄鉍、磁鉄鉍、スズ石、灰重石、螢石、方解石、石英、ザクロ石 A、ザクロ石 B、灰鉄輝石、バスタム石、スティルプノメレン、角閃石 A、角閃石 B、緑泥石、針鉄鉍、鉄ミョウバン石、石膏。後三者は後生の二次鉍物である。これらのうち、螢石、灰鉄輝石、スズ石は県内初産の鉍物であり、また、輝水鉛鉍、灰重石、バスタム石、スティルプノメレンは県内稀産鉍物である。さらに、脈石 A 中の鉄閃亜鉛鉍に自然硫黄が伴われることも特筆すべきことである。他方、方鉛鉍、及び Fe を除くその他の二次鉍物がまったく確認されないことも大きな特徴である。白沢鉍山は極めて小規模な鉍山であるが、産出鉍物の点から県内ではたいへんに特異な鉍床である。白沢鉍山には県内初産、稀産鉍物を含め、多くの鉍物が確認されたが、それらの鉍物には今後さらに検討を重ねる必要のあるものが多くあることがわかった。以下にその概要を述べる。

ザクロ石は本鉍床で最もよく見られるスカルン鉍物である。そのほとんどはザクロ石 A であり、格子定数等から判断して灰鉄ザクロ石及びそれに近い組

成を持つ灰鉄ザクロ石-灰バンザクロ石系のザクロ石であり、後者には光学異常が認められる。ザクロ石 A は接触変成作用で形成される代表的ザクロ石であるが、本鉍床にはこのほかにザクロ石 B が見出された。螢石を主とする脈石 A 中に少量見られ、その格子定数は明らかにザクロ石 A のものとは異なる。化学分析が必要であるが、満バンザクロ石固溶体ないしカルデライト様組成のザクロ石である可能性がある。ザクロ石 B はこれまでのところ脈石 A のみで見出され、ザクロ石 A よりも後期の生成である。このザクロ石の化学組成は螢石の形成をもたらした時期の鉍化作用に知見を提供すると考えられる。この点を含め、ザクロ石 B について検討中であり、別途報告する予定である。

本鉍床からは灰鉄輝石とバスタム石が密接に関連して産出する。本鉍床の灰鉄輝石は県内初産であるが、格子定数を見ると組成を異にする二種類が存在すると思われる。この二種類の灰鉄輝石の産状は詳細に検討していく必要がある。また、一部の灰鉄輝石には変質分解が見られ、その外周やへき開に沿って角閃石が形成されたり、スティルプノメレン様鉍物と方解石の形成が見られたりする。初生の灰鉄輝石がその後の鉍化作用で変質したものと考えられる。また、バスタム石は比較的産出がまれな鉍物であり、通常、変成マンガン鉍床中でバラ輝石やテフロ石を伴って産出する。これまでに県内から報告されたバスタム石も変成マンガン鉍床である萩平鉍山のものである(松原, 1998)。白沢鉍山での産出が二例目であるが、これはスカルン鉍床中からの産出であり、両者の産状は異なる。これまでスカルンからはバスタム石の Fe^{2+} 置換鉍物である鉄バスタム石(ferrobustamite)が報告されている(Matsueda, 1973; 松枝, 1973; Shimazaki and Yamaoka, 1973; 松岡, 1976; 島崎・豊, 1976; 松枝, 1981; など)。JCPDS 29-336 には Yamanaka et al. (1977) による鉄バスタム石の粉末 X 線回折データが採用されているが、それを基に計算される単位格子体積(V)は合成バスタム石の値(Peacor and Prewitt, 1963)と大きく異なる。本鉍床産のバスタム石の V (約 1455 \AA^3) は合成バスタム石について Peacor and

Buerger (1962) が報告した格子定数から計算される V (約 1481 \AA^3) より小さく、 Mn^{2+} の一部を Fe^{2+} が置換したバスタム石 (JCPDS 26-1066: bustamite ferroan) の約 1457 \AA^3 とほぼ等しい。従って、本鉱床産のバスタム石も Mn^{2+} の一部を Fe^{2+} が置換していることが予想されるが、今後、化学分析による確認が必要である。

本鉱床の主要鉱石鉱物である磁硫鉄鉱には六方晶系として指数付けされるものと、単斜晶系として指数付けされるものとが認められた。指数付けの参考とした Morimoto et al. (1975) によれば、六方晶系の 5C タイプ (5T) の磁硫鉄鉱の組成は Fe_9S_{10} 、また、単斜晶系の 4C タイプ (5M) のそれは Fe_7S_8 とされる。今回測定した試料は、六方晶系のものは灰鉄輝石と螢石を主とする鉱石 B 及び脈石 B2 中のものであり、一方、単斜晶系のものは磁鉄鉱とザクロ石 A を含む鉱石 B 中のものである。この産状と結晶系の関係が本鉱床における一般的傾向であるかは更なるデータの蓄積が必要であるが、本鉱床の鉱化作用を検討する上でも重要な課題である。また、反射顕微鏡下で、淡桃褐色味を帯びた真鍮黄色結晶の内部が不均一で、やや反射率が低く微粒子集合体のような様相を呈する部分を含むものが見られる。本来、後者が初生の磁硫鉄鉱でその後真鍮黄色結晶が形成されたかに見えるが、今後の検討を要する。

本鉱床では螢石が比較的よく見られ、また、この螢石にスズ石及び灰重石が伴われることが大きな特徴である。さらに、本鉱床の螢石及びスズ石には多くの包有鉱物が認められる。包有鉱物のすべてが特定できているわけではないが、鉱物の生成順序を考えるうえでそれらの特定は重要であり、さらに検討していく必要がある。

(2) 白沢鉱山の鉱床学的特徴

白沢鉱山の半径 10km 以内には、戸神鉱山、師鉱山、利根鉱山、赤城根鉱山、小松鉱山、及び理研コランダム川場鉱山がある。戸神、師、赤城根、小松の各鉱山は鉱脈型鉱床とされる。一方、利根鉱山、川場鉱山は接触交代鉱床である。また、白沢鉱山から利根鉱山を経て川場鉱山に至る間には、しばしばザクロ石を主とする岩石が認められるほか、この間

に分布する蛇紋岩メランジ構成岩も接触交代を被り、ときにザクロ石を伴う珪灰石脈も見られる (Hayama et al., 1969; 小林・吉川, 2005)。白沢鉱山は鉱床調査報告もなく、坑内調査も不能のため、周辺地質とズリによる研究にとどまらざるを得ない。これまでの研究結果をもとに、白沢鉱山の鉱床学的特徴を検討した。

白沢鉱山周辺には生枝花崗岩の露頭が見られ、また、坑口付近に硬質の黒色緻密ホルンフェルスやザクロ石スカルン露頭が見られる。さらに、本鉱山のズリの大半では鉱石鉱物とザクロ石、灰鉄輝石などのスカルン鉱物とが密接な共生関係を示している。これらのことから、本鉱床は基本的には、久保 (2003) の指摘のように、蛇紋岩メランジ中に貫入した生枝花崗岩の活動に関連して形成された接触交代鉱床であると考えられる。さらに詳しく見ると、白沢鉱山では、灰鉄輝石やザクロ石 A (灰鉄ザクロ石固溶体) などの Ca、Fe を主成分とする鉱物を多量に産出し、閃亜鉛鉱や磁硫鉄鉱などの硫化鉱物を多量に伴うこと、螢石を産出すること、その螢石に Sn、W 鉱物を伴うこと、その W 鉱物は灰重石であり、鉄マンガ重石が確認されないこと、及び少量ながら輝水鉛鉱が散在することなどを大きな特徴とする。また、方鉛鉱が確認されないことも特異である。このような産出鉱物における特徴は、鞠子 (2008) がタングステンスカルン鉱床のまとめの中で述べた S 型花崗岩類に關係する還元型スカルン鉱床の特徴に似ている。また、石原 (2005) は日本の螢石鉱床がチタン鉄鉱系火成岩類に伴われ、スズ-タングステン-銅鉱床生成区と存在が重なること、及び接触交代型の螢石鉱床ではスカルン鉱物や多量の卑金属硫化鉱物を伴うことを述べている。これらから本鉱床は接触交代鉱床であり、さらに、還元型スカルン鉱床に相当すると思われる。透輝石や緑レン石などのスカルン鉱物が認められないことも、原岩の化学組成を反映している可能性のほかに、還元型スカルン鉱床であることによるためと考えることもできる。

本鉱床は、磁鉄鉱を除くと、磁硫鉄鉱を主要硫化鉱物とし、黄鉄鉱を主とする鉱床ではない。宮沢 (1977) は、接触交代鉱床では前者が後者よりも早

期形成の鉍床であり、その代表例として神岡鉍山、中竜鉍山、都茂鉍山などをあげている。また、これらの鉍床の鉄以外の鉍石の分布には一般に帯状分布が認められ、おおよそ火成岩体を中心として、(Mo) → W → Cu → Zn → Pb の分布となること、及び磁硫鉄鉍は鉍床下部に向かってしだいに増加することを報告している。

このような鉍石の帯状分布を見ると、Pb は鉍床中心から最も離れて形成されることになる。白沢鉍山も基本的にはこれと類似の帯状分布をもった鉍床であり、その後の削剝により鉍床中心部のみが残存している鉍山であると考えられ、このことが方鉛鉍の産出が確認されない理由である可能性が高い。一方、宮沢(1977)は接触交代鉍床におけるタングステン・モリブデン鉍化作用についてまとめた中で、輝水鉛鉍と灰重石について、神岡-中竜型鉍床の多くでは鉍床下部ないし火成岩体に近づくにつれてそれらが増加していくことを述べている。一方、灰重石は多くの場合銅・鉛・亜鉛よりも後期の生成であるとされることから、鉍床内における鉍石の分布と各鉍石鉍物の生成時期とは必ずしも対応しないことも指摘している。白沢鉍山においても、タングステンは灰重石として螢石と密接に関連して産出し、その螢石中には磁硫鉄鉍や鉄閃亜鉛鉍が包有されていることから、灰重石の生成時期は硫化鉍物と同時期またはそれらの晶出晩期の形成であると考えられる。また、スズ石は螢石と密接な関連を持って産出し、螢石の間を埋める石英細脈中からの産出が多く見られるほか、螢石や灰重石中にも包有されることから、これらの鉍物はすべてほぼ同時期の形成と考えられる。

白沢鉍山はこのように、周辺に散在する鉍床と比較して、大きな特徴をもつ鉍床であり、利根鉍山や赤城根鉍山を含め、この地域の鉍化作用を理解するうえで重要な鉍床と考えられる。白沢鉍山から予想を超える数多くの鉍物が見出され、それぞれに興味深い特徴を示している。これらの点について今後さらに検討を重ねていくことが必要である。本報告では、その第一報として、白沢鉍山の沿革等に係る調査結果と産出鉍物の概要を中心に報告した。

謝辞: 本研究は、久保誠二氏(群馬地質研究会)が『新編白沢村誌』編纂のための地質調査の過程で、白沢鉍山跡を発見されたことに始まる。久保氏からは白沢鉍山に関する情報提供及び野外調査において多くの助言・協力をいただいた。また、関 茂雄氏(群馬県下水道公社)からも野外調査において協力をいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。本研究の化学分析には上越教育大学に設置のエネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー(Link Isis 300)を用いた。

引用文献

- 新井房夫(1964) 群馬県の地質と地下資源 20 万分の 1 群馬県地質図説明書。内外地図株式会社, 64p
- Borg, I.Y. and Smith, D.K. (1969) Calculated x-ray powder patterns for silicate minerals. Geol. Soc. Am., Mem. **122**, 896p
- 茅原一也(1985) 上越帯・足尾帯境界地域の超塩基性岩。総合研究「上越帯・足尾帯」研究報告, No.2, 111-132
- Chihara, K., Shimizu, M., Komatsu, M. and Kurokawa, K. (1977) Geological structure and its development of the western part of the Joetsu tectonic belt, central Japan. Part I. geology. Science Rep. Niigata Univ., Ser. E, No.4, 1-48
- 地質調査所編(1955) 日本鉍産誌, BI-a (三), 金・銀その他, 155p
- Effenberger, H., Mereiter, K. and Zemann, J. (1981) Crystalstructure refinements of magnesite, calcite, rhodochrosite, siderite, smithonite and dolomite with discussion of some aspects of the stereochemistry of calcite-type carbonates. Zeit. Krist., **156**, 233-243
- 群馬県地質図作成委員会(1999) 群馬県 10 万分の 1 地質図解説書。内外地図株式会社, 113p
- Hayama, Y., Kizaki, Y., Aoki, K., Kobayashi, S., Toya, K. and Yamashita, N. (1969) The Joetsu metamorphic belt and its bearing on the geologic structure of the Japanese Islands. Mem. Geol. Soc. Japan, **4**, 61-82
- 林昇一郎・五十嵐俊雄(1962) 群馬県勢多地区の放射能調査。地調月報, **13**, 573-582
- 今井秀喜・河井興三・宮沢俊弥(1973) 日本地方鉍床誌, 関東地方。朝倉書店, 518p
- 石原舜三(2005) 岐阜県平岩ほたる石鉍床の地質と日本のほたる石鉍床区における重要性。地質調査所研究報告, **56**, 167-176
- 木村達明(1952) 岩室累層の地質学的研究 (I)。地質学雑

- 誌, **58**, 457-468
- 小林まさ代・吉川和男 (2005) 群馬県川場村, 蛇紋岩メランジ露頭の岩石と鉱物. 群馬大学教育学部紀要, 自然科学編, **53**, 29-49
- 久保誠二 (2003) 白沢村の地質. 白沢村誌編纂委員会編『新編白沢村誌』, 3-16
- 鞠子 正 (2008) 鉱床地質学. 古今書院, 580p
- 松原 聡 (1998) 関東地方の鉱物. 鉱物情報・池田重夫技官退官記念会, 133p
- Matsueda, H. (1973) Iron-wollastonite from the Sampo mine showing properties distinct from those of wollastonite. *Miner. Jour.*, **7**, 180-201
- 松枝大治 (1973) 岡山県山宝鉱山における鉄珪灰石スカルの産状と鉱物共生について. 九大理研究報告, 地質学, **11**, 265-273
- 松枝大治 (1981) 都茂鉱山丸山鉱床下部における鉄バスタム石の産状と成因. 鉱山地質特別号, **9**, 71-82
- 松岡 稔 (1976) 島根県都茂鉱山産鉄珪灰石について. 1976年三鉱学会年会講演要旨集, A46
- 三浦裕行 (2003) CellCalc: Windows上の格子定数計算プログラム. 日本結晶学会誌, **45**, 145-147
- 宮沢俊弥 (1977) 日本ならびに韓国における接触交代鉱床の研究. 宮沢俊弥教授退官記念会『接触交代鉱床の研究』, A3-A149
- Morimoto, N., Gyobe, A., Mukaiyama, H. and Izawa, E. (1975) Crystallography and stability of pyrrhotites. *Econ. Geol.*, **70**, 824-833
- 日本金山誌編集委員会 (1994) 群馬県 3. 戸神鉱山. 日本金山誌, 第4編 関東・中部, 資源・素材学会, 12-13
- 日本鉱業協会探査部編 (1968) 日本の鉱床総覧下巻. 日本鉱業協会, 941p
- 太田良平 (1953) 5万分の1地質図「沼田」及び同説明書. 地質調査所, 37p
- Peacor, D.R. and Buerger, J.J. (1962) Determination and refinement of the crystal structure of bustamite, $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$. *Zeit. Krist.*, **117**, 331-343
- Peacor, D.R. and Prewitt, C.T. (1963) Comparison of the crystal structures of Bustamite and Wollastonite. *Amer. Mineral.*, **48**, 588-596
- 佐々木 孝 (2008) 群馬県内の鉱山と理科教育—群馬県沼田市白沢鉱山の鉱物と鉱床に関する基礎研究. 群馬大学教育学研究科修士論文, 45p
- 島崎英彦・豊 遙秋 (1976) 長野県春日山鉱山の“ferrobustamite”を含む灰重石スカルン. 1976年三鉱学会年会講演要旨集, A45
- Shimazaki, H. and Yamanaka, T. (1973) Iron-wollastonite from skarns and its stability relation in the CaSiO_3 - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ join. *Geochemical Jour.*, **7**, 67-79
- 白澤村誌編纂委員会 (1964) 『白澤村誌』. 白沢村, 571p
- 白沢村誌編纂委員会 (2003) 『新編白沢村誌』. 白沢村, 566p
- Skinner, B.J. (1961) Unit-cell edges of natural and synthetic sphalerite. *Amer. Mineral.*, **46**, 1399-1411
- 高昌 彰 (1948) 群馬県利根鉱山鉄鉱概査報告. 商工省地質調査所速報, 第68号, 8p
- 浦野智香子 (2004) 群馬県利根郡利根村赤城根鉱山産初生及び二次鉱物についての研究. 群馬大学教育学部地学教室卒業論文 (手記)
- Yamanaka, T., Sadanaga, R. and Takeuchi, Y. (1977) Structural variation in the ferrobustamite solid solution. *Amer. Mineral.*, **62**, 1216-1224
- 安野俊明 (2006) 群馬県の鉱山と理科教育—沼田市戸神鉱山の鉱物・鉱床に関する基礎研究. 群馬大学教育学研究科修士論文, 44p
- 吉川和男・大場孝信・久保誠二 (2004) 群馬県片品村戸倉産鉄斧石. 群馬大学教育学部紀要, 自然科学編, **52**, 29-42
- 吉川和男・大場孝信・関 茂雄 (2002) 群馬県川場村ザクロ石鉱床中のヘスティングス閃石および鉄普通角閃石. 群馬大学教育学部紀要, 自然科学編, **50**, 117-130